

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-234408

(43)Date of publication of application : 20.08.2002

(51)Int.Cl. B60R 16/04
G01R 31/36
H01M 10/48
H02J 7/00

(21)Application number : 2001-107137

(71)Applicant : YAZAKI CORP

(22)Date of filing : 05.04.2001

(72)Inventor : SATAKE SHUJI

(30)Priority

Priority number : 2000375133

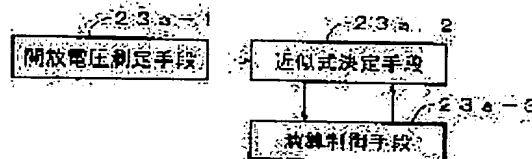
Priority date : 08.12.2000

Priority country : JP

(54) METHOD AND DEVICE FOR ESTIMATING OPEN-CIRCUIT VOLTAGE OF VEHICLE BATTERY**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and device for estimating the open-circuit voltage of a vehicle battery capable of relatively accurately estimating the open-circuit voltage of the battery in a relatively short time after the end of charge or discharge without requiring temperature compensation.

SOLUTION: An open-circuit voltage measuring means 23a-1 measures the open-circuit voltage of the battery within a certain period of time after a predetermined period of time has elapsed since the end of the charge or discharge of the battery. An approximate expression determining means 23a-2 determines a predefined power approximate expression having a negative power, from the values of differences between a plurality of open-circuit voltages and assumed open-circuit voltages. A computation control means 23a-3 causes the approximate expression determining means to repeatedly make determination of the power approximate expression while renewing the assumed open-circuit voltage until the power of the power approximate expression becomes -0.5 or approximately -0.5 . The assumed open-circuit voltage when either of these requirements is met is estimated to be the open-circuit voltage.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

24.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-234408
(P2002-234408A)

(43) 公開日 平成14年8月20日 (2002.8.20)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
B 6 0 R 16/04		B 6 0 R 16/04	W 2 G 0 1 6
G 0 1 R 31/36		G 0 1 R 31/36	A 5 G 0 0 3
H 0 1 M 10/48	Z H V	H 0 1 M 10/48	Z H V P 5 H 0 3 0
H 0 2 J 7/00		H 0 2 J 7/00	X

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-107137(P2001-107137)
(22) 出願日 平成13年4月5日 (2001.4.5)
(31) 優先権主張番号 特願2000-375133(P2000-375133)
(32) 優先日 平成12年12月8日 (2000.12.8)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

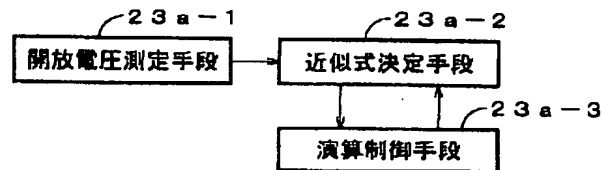
(71) 出願人 000006895
矢崎総業株式会社
東京都港区三田1丁目4番28号
(72) 発明者 佐竹 周二
静岡県裾野市御宿1500 矢崎総業株式会社
内
(74) 代理人 100060690
弁理士 瀧野 秀雄 (外3名)
Fターム(参考) 2G016 CA03 CB11 CC01 CC04 CC12
CC16 CC23 CC24 CC27 CC28
CD14
5G003 BA01 DA07 EA05 FA06 GC05
5H030 AA03 AA04 AS08 FF43 FF44

(54) 【発明の名称】 車両用バッテリーの開回路電圧推定方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 車両のバッテリーの開回路電圧を、充放電の終了から比較的短時間の内に、しかも温度補正することが必要とすることなく比較的正確に推定できる車両用バッテリーの開回路電圧推定方法及び装置を提供する。

【解決手段】 開放電圧測定手段23a-1が、バッテリーの充電又は放電が終了した後、予め定めた時間を経過してから一定の時間の間にバッテリーの開放電圧を測定する。近似式決定手段23a-2が、複数の開放電圧と、想定した想定開回路電圧との差値により、べき数が負である予め定めた累乗近似式を決定する。演算制御手段23a-3は、累乗近似式のべき数が-0.5となるか、又は、略-0.5となるまで、累乗近似式の決定を近似式決定手段に想定開回路電圧を更新して繰り返し実行させ、何れかが満たされたときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両に搭載されている負荷に電力を供給するため車両に搭載されたバッテリーの開回路電圧を推定する車両用バッテリーの開回路電圧推定方法において、充電又は放電が終了した後、予め定めた時間を経過してから一定の時間の間にバッテリーの開放電圧を複数回測定し、

該測定した開放電圧と、想定した想定開回路電圧との差値により、べき数が負である予め定めた累乗近似式を決定し、

該決定した累乗近似式のべき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となるまで、前記累乗近似式の決定を前記想定開回路電圧を更新しながら繰り返し実行し、前記べき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となったときの前記想定開回路電圧を開回路電圧と推定することを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定方法において、

前記測定した開放電圧が充電の終了してからのものであるとき、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D とすると、前記累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表されることを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定方法。

【請求項 3】 請求項 1 記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定方法において、

前記測定した開放電圧が放電の終了してからのものであるとき、前記累乗近似式を決定するための前記値は、前記測定した開放電圧から前記想定した想定開回路電圧を減算した値の絶対値であり、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D とすると、前記累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表されることを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定方法。

【請求項 4】 請求項 2 又は 3 記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定方法において、

前記一定の時間の間に測定する前記開放電圧を 2 以上の任意の数とし、該測定によって得た任意数の開放電圧と充放電の終了からの時間を回帰計算処理して前記累乗近似式のべき数 D を決定することを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定方法。

【請求項 5】 車両に搭載されている負荷に電力を供給するため車両に搭載されたバッテリーの開回路電圧を推定する車両用バッテリーの開回路電圧推定装置において、充電又は放電が終了した後、予め定めた時間を経過してから一定の時間の間にバッテリーの開放電圧を測定する開放電圧測定手段と、

該開放電圧測定手段により複数回測定して得た複数の開放電圧と、想定した想定開回路電圧との差値により、べき数が負である予め定めた累乗近似式を決定する近似式決定手段と、

該近似式決定手段により決定した累乗近似式のべき数が

-0.5 となるか、又は、略 -0.5 となるまで、前記累乗近似式の決定を前記近似式決定手段に前記想定開回路電圧を更新して繰り返し実行させる演算制御手段とを備え、

前記べき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となったときの前記想定開回路電圧を開回路電圧と推定することを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定装置。

【請求項 6】 請求項 5 記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置において、

前記測定した開放電圧が充電の終了してからのものであるとき、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D としたとき、前記累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表されることを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定装置。

【請求項 7】 請求項 5 記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置において、

前記測定した開放電圧が放電の終了してからのものであるとき、前記累乗近似式を決定するための前記値は、前記測定した開放電圧から前記想定した想定開回路電圧を減算した値の絶対値であり、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D とすると、前記累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表されることを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定装置。

【請求項 8】 請求項 6 又は 7 記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置において、

前記近似式決定手段が、前記開放電圧測定手段により前記一定の時間の間に測定した 2 以上の任意数の開放電圧と充放電の終了からの時間を回帰計算処理して前記累乗近似式のべき数 D を決定することを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車両に搭載されている負荷に電力を供給するため車両に搭載されたバッテリーの開回路電圧を推定する車両用バッテリーの開回路電圧推定方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】バッテリーの開回路電圧は、平衡状態にあるバッテリーの開放状態にある端子電圧（開放電圧）を測定することによって求められ、バッテリーの充電状態を反映したものである。車両に搭載されて使用中のバッテリーにとって、バッテリーにあとどのくらい電気量があるか（充電状態）を知る上で重要なものである。

【0003】一般に、バッテリーから放電され放電電流が流れるとバッテリーの端子電圧に電流の大きさに応じた降下を生じ、逆に充電され充電電流が流れると端子電圧が上昇する。例えば、放電時の電圧降下は、バッテリーの内部インピーダンス（合成抵抗）によるものであるが、バッテリーの構造などに起因する純抵抗（オーミック抵抗）

による電圧降下（IR 損）と、化学的な反応に基因する分極抵抗成分のうちの活性化分極による電圧降下と、化学的な反応に基因する分極抵抗成分のうちの濃度分極による電圧降下とに分けることができる。

【0004】IR 損は放電電流が 0 になると同時に 0 になり、活性化分極による電圧降下も比較的短時間のうちに 0 になるが、濃度分極による電圧降下については、放電電流の減少に伴って低下するが、濃度分極が電解液の拡散によって解消するために比較的長い時間を要するため、放電電流が 0 になっても比較的長時間残存し続け

る。このように、放電後も放電による電圧降下が解消せずに残っている状態を非平衡状態と呼び、この状態にあるとき開放状態で測定したバッテリーの端子電圧（開放電圧）は、放電による電圧降下が全て解消した平衡状態での開放電圧（開回路電圧）とは異なり、しかも、放電停止以後、時間の経過に伴って開回路電圧に向かって変化するものである。

【0005】なお、充電電流が流れることによって上昇したバッテリーの開放電圧も、放電時と同様に濃度分極による電圧上昇が比較的長時間残存し続けるため、開回路電圧とは異なるものである。

【0006】一般に、バッテリーの端子電圧は充電終了後には図 3 に示すように、放電終了後には図 9 に示すように開回路電圧に向かってそれぞれ変化する。また、平衡状態に到達する時間は、例えば充電終了後の場合を示すと、図 10 のように、温度が高いときには短く、温度が低いときには長くなる。

【0007】そこで、一般的には、充放電終了後、ほぼ平衡状態となるであろうある時間、例えば 2 4 時間が経過したときの開放電圧を測定して開回路電圧とみなすことが行われていた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述した方法では、開放電圧を開回路電圧とみなして測定できるには、充放電終了から平衡状態とみなせる状態になるまで待たなければならない、このような時間が経過する前に、充放電が再開されたときには、次の充放電終了から再度一定の時間が経過するまで測定する機会がなく、開回路電圧を知ることのできる機会が極めて少ないという問題があった。

【0009】また、平衡状態になるまでの時間が温度に左右されるため、周囲温度に関係なく、一定時間経過した時点での開放電圧を測定して開回路電圧とみなした場合、測定時の開放電圧が温度によって異なるため、誤差の原因となったり、またこの誤差を無くするために温度による補正が必要であるなどの問題もあった。

【0010】よって、本発明は上述した状況に鑑み、車両使用中のバッテリーの開回路電圧を、充放電の終了から比較的短時間の内に、しかも温度補正することを必要とすることなく比較的正確に推定できる車両用バッテリーの開回路電圧推定方法及び装置を提供することを課題とし

ている。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成する請求項 1 乃至請求項 4 記載の本発明は、車両用バッテリーの開回路電圧推定方法に、請求項 5 乃至請求項 8 記載の本発明は、車両用バッテリーの開回路電圧推定装置にそれぞれ関し、いずれの発明も、充放電後のバッテリーの開放電圧が予め定めた累乗近似式に沿って開回路電圧と推定できる所定電圧に漸近するように変化することに着目してなされたものである。

【0012】上記課題を解決するためなされた請求項 1 記載の発明は、車両に搭載されている負荷に電力を供給するため車両に搭載されたバッテリーの開回路電圧を推定する車両用バッテリーの開回路電圧推定方法において、充電又は放電が終了した後、予め定めた時間を経過してから一定の時間の間にバッテリーの開放電圧を複数回測定し、該測定した開放電圧と、想定した想定開回路電圧との差値により、べき数が負である予め定めた累乗近似式を決定し、該決定した累乗近似式のべき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となるまで、前記累乗近似式の決定を前記想定開回路電圧を更新しながら繰り返し実行し、前記べき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となったときの前記想定開回路電圧を開回路電圧と推定することを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定方法に存する。

【0013】上述した請求項 1 記載の手順によれば、車両に搭載されている負荷に電力を供給するため車両に搭載されたバッテリーの充電又は放電が終了した後、予め定めた時間を経過してから一定の時間の間にバッテリーの開放電圧を複数回測定する。次に、測定した開放電圧と、想定した想定開回路電圧との差値により、べき数が負である予め定めた累乗近似式を決定する。決定した累乗近似式のべき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となるまで、累乗近似式の決定を想定開回路電圧を更新して繰り返し実行し、べき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となったときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定しているので、バッテリーの充電又は放電が終了した後、比較的短い時間内に測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を開回路電圧として推定できる。

【0014】請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定方法において、前記測定した開放電圧が充電が終了してからのものであるとき、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D とすると、前記累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表されることを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定方法に存する。

【0015】上述した請求項 2 記載の手順によれば、測定した開放電圧が充電の終了してからのものであるとき、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D とすると、累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表され、累乗近似式

$\alpha \cdot t^D$ のべき数 D が -0.5 になるか、又は、略 -0.5 となったときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定しているので、バッテリーの充電が終了した後、比較的短い時間内に測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を求めて、これを開回路電圧として推定できる。

【0016】請求項3記載の発明は、請求項1記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定方法において、前記測定した開放電圧が充電の終了してからのものであるとき、前記累乗近似式を決定するための前記値は、前記測定した開放電圧から前記想定した想定開回路電圧を減算した値の絶対値であり、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D とすると、前記累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表されることを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定方法に存する。

【0017】上述した請求項3記載の手順によれば、測定した開放電圧が放電の終了してからのものであるとき、累乗近似式を決定するための値は、測定した開放電圧から想定した想定開回路電圧を減算した値の絶対値であり、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D とすると、累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表され、累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ のべき数 D が -0.5 になるか、又は、略 -0.5 となったときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定しているので、バッテリーの放電が終了した後、比較的短い時間内に測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を求めて、これを開回路電圧として推定できる。

【0018】請求項4記載の発明は、請求項2又は3記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定方法において、前記一定の時間の間に測定した前記開放電圧を2以上の任意の数とし、該測定によって得た任意数の開放電圧を回帰計算処理して前記累乗近似式のべき数 D を決定することを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定方法に存する。

【0019】上述した請求項4記載の手順によれば、一定の時間の間に測定した開放電圧を2以上の任意の数とし、この測定によって得た任意数の開放電圧を回帰計算処理して累乗近似式のべき数 D を決定しているので、累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ のべき数 D が -0.5 とならなくても、累乗近似式の決定が予め定めた回数実行されたときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定でき、バッテリーの充放電が終了した後、比較的短い時間内に多数測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を精度よく求めて、これを開回路電圧として推定できる。

【0020】請求項5記載の発明は、車両に搭載されている負荷に電力を供給するため車両に搭載されたバッテリーの開回路電圧を推定する車両用バッテリーの開回路電圧推定装置において、充電又は放電が終了した後、予め定めた時間を経過してから一定の時間の間にバッテリーの開

放電電圧を測定する開放電圧測定手段23a-1と、該開放電圧測定手段により複数回測定して得た複数の開放電圧と、想定した想定開回路電圧との差値により、べき数が負である予め定めた累乗近似式を決定する近似式決定手段23a-2と、該近似式決定手段により決定した累乗近似式のべき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となるまで、前記累乗近似式の決定を前記近似式決定手段に前記想定開回路電圧を更新して繰り返し実行させる演算制御手段23a-3とを備え、前記べき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となったときの前記想定開回路電圧を開回路電圧と推定することを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定装置に存する。

【0021】上述した請求項5記載の発明によれば、開放電圧測定手段23a-1が、車両に搭載されている負荷に電力を供給するため車両に搭載されたバッテリーの充電又は放電が終了した後、予め定めた時間を経過してから一定の時間の間にバッテリーの開放電圧を測定する。近似式決定手段23a-2が、開放電圧測定手段により複数回測定して得た複数の開放電圧と、想定した想定開回路電圧との差値により、べき数が負である予め定めた累乗近似式を決定する。演算制御手段23a-3が、近似式決定手段により決定した累乗近似式のべき数が -0.5 となるか、又は、略 -0.5 となるまで、累乗近似式の決定を近似式決定手段に想定開回路電圧を更新して繰り返し実行させる。そして、べき数が -0.5 となったとき、又は、略 -0.5 となったときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定しているので、バッテリーの充電又は放電が終了した後、比較的短い時間内に測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を開回路電圧として推定できる。

【0022】請求項6記載の発明は、請求項5記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置において、前記測定した開放電圧が充電の終了してからのものであるとき、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D としたとき、前記累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表されることを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定装置に存する。

【0023】上述した請求項6記載の発明によれば、測定した開放電圧が充電の終了してからのものであるとき、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D とすると、累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表され、累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ のべき数 D が -0.5 になるか、略 -0.5 となったときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定しているので、バッテリーの充電が終了した後、比較的短い時間内に測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を求めて、これを開回路電圧として推定できる。

【0024】請求項7記載の発明は、請求項5記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置において、前記測定

した開放電圧が放電の終了してからのものであるとき、前記累乗近似式を決定するための前記値は、前記測定した開放電圧から前記想定した想定開回路電圧を減算した値の絶対値であり、前記測定した開放電圧が放電終了してからのものであるとき、時間を t 、未知の係数を α 、未知の負のべき数を D とすると、前記累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表されることを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定装置に存する。

【0025】上述した請求項7記載の発明によれば、測定した開放電圧が放電の終了してからのものであるとき、累乗近似式を決定するための値は、測定した開放電圧から想定した想定開回路電圧を減算した値の絶対値であり、時間を t 、未知の係数を α 、未知のべき数を D とすると、累乗近似式が $\alpha \cdot t^D$ で表され、累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ のべき数 D が -0.5 になるか、略 -0.5 となったときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定しているため、バッテリーの放電が終了した後、比較的短い時間内に測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を求めて、これを開回路電圧として推定できる。

【0026】請求項8記載の発明は、請求項6又は7記載の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置において、前記近似式決定手段が、前記開放電圧測定手段により前記一定の時間の間に測定した2以上の任意数の開放電圧を回帰計算処理して前記累乗近似式のべき数 D を決定することを特徴とする車両用バッテリーの開回路電圧推定装置に存する。

【0027】上述した請求項8記載の発明によれば、一定の時間の間に測定した開放電圧を2以上の任意の数とし、この測定によって得た任意数の開放電圧を回帰計算処理して累乗近似式のべき数 D を決定しているため、累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ のべき数 D が -0.5 とならなくても、累乗近似式の決定が予め定めた回数実行されたときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定でき、バッテリーの充放電が終了した後、比較的短い時間内に多数測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を精度よく求めて、これを開回路電圧として推定できる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明による車両用バッテリーの開回路電圧推定方法を、図2を参照して本発明による車両用バッテリーの開回路電圧推定装置の一実施形態と共に説明する前に、本発明の基本的な考え方を説明する。

【0029】一般に、車両に搭載したバッテリーの充電が終了した場合、バッテリーの開放状態での端子電圧は、濃度分極によって上昇していた分が時間とともに解消して徐々に減少し、図3に示すように、例えば24時間後のバッテリーの平衡状態における端子電圧である開回路電圧 E_0 に漸近するように変化し、このような漸近曲線は一

般に累乗式で表される。

【0030】よって、今、開回路電圧 E_0 が未知であるとき、図4に示すように、想定した開回路電圧 E を定め、この想定した推定開回路電圧 E を端子電圧 $V(t)$ から減算すると、図5に示すように、横軸に漸近する累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ で表されるようになる。また、拡散現象を累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ で近似すると、べき数 D が -0.5 付近になるとされている。

【0031】そこで、バッテリーの充電が終了後、図5に示すように、例えば5分の予め定めた時間 T_a を経過してから、例えば15分の予め定めた時間 T_b までの間のバッテリーの開放電圧を測定し、この測定した開放電圧より、想定した想定開回路電圧 E を減算し累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ を算出する。

【0032】一般的に、拡散現象を累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ で近似すると、べき数 D が -0.5 付近になるとされている。充電終了後の開回路電圧の変化は、電解液の拡散によって生じる電圧変化によるものであるとすることができるので、べき数 D が -0.5 になるような累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ が得られたときの想定開回路電圧 E を開回路電圧とみなすことができる。

【0033】これに対して、バッテリーの放電が終了した場合、バッテリーの開放状態での端子電圧は、濃度分極によって下降していた分が時間とともに解消して徐々に増加し、例えば24時間後のバッテリーの平衡状態における端子電圧である開回路電圧 E_0 に漸近する。なお、放電の場合、想定開回路電圧 E の方が累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ より常に大きいので、測定した開放電圧より、想定した想定開回路電圧 E を減算した値が負となるので、開放電圧より想定開回路電圧 E を減算した値の絶対値を利用して累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ を算出する。

【0034】一般的に、充電又は放電が終了した後、予め定めた時間を経過してから一定の時間の間にバッテリーの開放電圧を複数回測定し、この測定した開放電圧から、想定した想定開回路電圧を減算した値により、べき数が負である予め定めた累乗近似式を決定し、この決定した累乗近似式のべき数が -0.5 となるまで、累乗近似式の決定を想定開回路電圧を更新して繰り返し実行し、べき数が -0.5 となったときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定すればよい。

【0035】なお、想定開回路電圧を予め定めた回数更新して繰り返し実行しても、べき数が -0.5 とならないことがあるときには、予め定めた回数が実行されたことによってべき数が略 -0.5 になったと判断し、このときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定し、必要以上に累乗近似式を決定する処理を繰り返すことをなくすることができる。

【0036】また、充放電を停止した後、例えば5分の予め定めた時間 T_a を経過してから、開放電圧のサンプリングを開始するのは、充放電直後の電圧変化には、内

部抵抗、活性化分極、ガス発生に伴う過電圧など、電解液の拡散に関係ない電圧変化分が含まれており、この変化分をサンプリングすると誤差要因となるので、累乗近似式を求めるためのデータに含ませないためである。

【0037】そして、サンプリングを時間 T_b までとしているのは、便宜上だけのためばかりでなく、時間経過について電圧変化分が小さくなることにより、測定の分解能によっては開回路電圧の推定精度を低下する虞があるほか、車両の暗電流による電圧降下の影響が時間経過により大きくなるからである。

【0038】上述したように、拡散現象を累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ で近似すると、べき数 D が -0.5 付近になることを実証する具体的な例を図6に示して説明すると、開回路電圧 $12.34V$ のバッテリーにおいて、想定開回路電圧を $12.34V$ とし、これを充電の停止した後に測定した開放電圧から減算した値を用いて決定した累乗近似式では、べき数が -0.500 になっているのに対し、推定開回路電圧を $12.34V$ より小さい $12.29V$ にすると、べき数が -0.500 より大きい -0.452 に、 $12.34V$ より大きい $12.39V$ にするとべき数が -0.500 より小さい -0.559 になる。このことから、累乗近似式のべき数が -0.5 になったとき、想定開回路電圧が開回路電圧に等しくなることがわかる。

【0039】元の図面に戻って説明すると、図2は本発明の車両用バッテリーの開回路電圧推定方法を適用した本発明の一実施形態に係る車両用バッテリーの開回路電圧推定装置の概略構成を一部ブロックにて示す説明図であり、図中符号1で示す本実施形態の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置は、エンジン3に加えてモータジェネレータ5を有するハイブリッド車両に搭載されている。

【0040】そして、このハイブリッド車両は、通常時はエンジン3の出力のみをドライブシャフト7からディファレンシャルケース9を介して車輪11に伝達して走行させ、高負荷時には、バッテリー13からの電力によりモータジェネレータ5をモータとして機能させて、エンジン3の出力に加えてモータジェネレータ5の出力をドライブシャフト7から車輪11に伝達し、アシスト走行を行わせるように構成されている。

【0041】また、このハイブリッド車両は、減速時や制動時にモータジェネレータ5をジェネレータ（発電機）として機能させ、運動エネルギーを電気エネルギーに変換してバッテリー13を充電させるように構成されている。

【0042】なお、モータジェネレータ5はさらに、図示しないスタータスイッチのオンに伴うエンジン3の始動時に、エンジン3のフライホイールを強制的に回転させるセルモータとして用いられるが、その場合にモータジェネレータ5には、短時間に大きな電流が流される。スタータスイッチのオンによりモータジェネレータ5に

よってエンジン3が始動されると、イグニッションキー（図示せず。）の操作解除に伴って、スタータスイッチがオフになってイグニッションスイッチやアクセサリスイッチのオン状態に移行し、これに伴ってバッテリー13から流れる放電電流は、定常電流に移行する。

【0043】本実施形態の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置1は、アシスト走行用のモータやセルモータとして機能するモータジェネレータ5等、電装品に対するバッテリー13の放電電流 I や、ジェネレータとして機能するモータジェネレータ5からのバッテリー13に対する充放電電流を検出する電流センサ15と、バッテリー13に並列接続した $1M$ オーム程度の抵抗を有し、バッテリー13の端子電圧 V を検出する電圧センサ17とを備えている。

【0044】また、本実施形態の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置1は、上述した電流センサ15及び電圧センサ17の出力がインタフェース回路（以下、「 I/F 」と略記する。）21における A/D 変換後に取り込まれるマイクロコンピュータ（以下、「マイコン」と略記する。）23をさらに備えている。

【0045】そして、前記マイコン23は、CPU23a、RAM23b、及び、ROM23cを有しており、このうち、CPU23aには、RAM23b及びROM23cの他、前記 I/F 21が接続されており、また、上述した図示しないスタータスイッチ、イグニッションスイッチやアクセサリスイッチ、モータジェネレータ5以外の電装品（負荷）のスイッチ等が、さらに接続されている。

【0046】前記RAM23bは、各種データ記憶用のデータエリア及び各種処理作業に用いるワークエリアを有しており、前記ROM23cには、CPU23aに各種処理動作を行わせるための制御プログラムが格納されている。

【0047】なお、上述した電流センサ15及び電圧センサ17の出力である電流値及び電圧値は、 I/F 21を介してマイコン23のCPU23aに取り込まれる。

【0048】次に、前記ROM23cに格納された制御プログラムに従いCPU23aが行うバッテリーの開回路電圧推定処理を、図7を参照して説明する。

【0049】バッテリー13からの給電を受けてマイコン23は起動しているものとし、マイコン23は、例えば電流センサ15の出力をサンプリングして得た電流値に基づいて、電流値が0になっているかどうかにより、充電又は放電が終了したかどうかを判定する。この判定の結果、充電又は放電の終了が検出されたときに、図7のフローチャートに示す開回路電圧推定処理を開始する。この開回路電圧推定処理においては、まず充電又は放電の終了から例えば5分の予め定めた時間 T_a が経過したかどうかを判断する（ステップS1）。

【0050】時間が経過していないときには、時間が経

過するのを待ち、時間が経過したときには（ステップ S 1 の Y）、次に例えば 10 秒の一定時間毎に電圧センサ 16 の出力によりバッテリーの端子電圧を開放電圧としてサンプリングしてこれを RAM 23b のデータエリア

（記憶手段に相当する）に格納、記憶する（ステップ S 2）。そして、このサンプリングを、充電又は放電の終了から例えば 15 分の予め定めた時間 T b が経過するまで継続する（ステップ S 3 の N）。

【0051】時間 T b が経過すると（ステップ S 3 の Y）、次に、測定した開放電圧 V（t）と、想定した想定開回路電圧 E との差値、即ち、充電後の場合は、測定した開放電圧 V（t）から想定した想定開回路電圧 E を減算した値、放電後の場合は、測定した開放電圧 V

（t）から想定した想定開回路電圧 E を減算した値の絶対値、を求め（ステップ S 4）、求めた値 f（t）について累乗近似処理を行ってべき数が負である予め定めた累乗近似式を決定する（ステップ S 5）。累乗近似式が決定したら、次に決定した累乗近似式のべき数 D が -0.5 に等しいかどうかを判断し（ステップ S 6）、この判断の結果、べき数 D が -0.5 となっていないときには（ステップ S 6 の N）、想定開回路電圧 E を更新し（ステップ S 7）、この更新した想定開回路電圧について、上記ステップ S 4 に戻って、測定した開放電圧 V（t）から、想定した想定開回路電圧 E を減算する処理を行う。べき数 D が -0.5 となったときには（ステップ S 6 の Y）、べき数 D が -0.5 となったときの想定開回路電圧 E を開回路電圧と推定して一連の処理動作を終了する。

【0052】なお、フローチャートには記載はないが、決定した累乗近似式のべき数がなかなか -0.5 とならないときには、図のフローチャートには示していないが、累乗近似式の決定が予め定めた回数行われた時点での想定開回路電圧 E を開回路電圧と推定して一連の処理動作を終らせることもできる。

【0053】また、フローチャートには記載はないが、時間 T a から時間 T b までの間において行うサンプリングは 10 秒の一定間隔で行っているが、時間 T a から時間 T b までの間に例えば 3 回、サンプリング周期を短くしてサンプリングし、等間隔でサンプリングしたときと同じ数の開放電圧を読み込むようにし、サンプリングし

ていない期間マイコンをスリープ状態にすることもできる。

【0054】上記ステップ S 5 における累乗近似式の決定の仕方を以下に説明する。

【0055】累乗近似式 $y = \alpha \cdot x^D$ は

$$\ln(y) = \ln(\alpha) + D \cdot \ln(x)$$

とすることができる。今、 $\ln(y) = Y$ 、 $\ln(\alpha) = A$ 、 $\ln(x) = X$ とすると、

$$Y = A + D \cdot X$$

という直線の方程式になる。A と D は回帰分析により求めると次のようになる。

【0056】近似式と実際のデータとの間の差を ϵ とおくと、

$$Y_i = A + D \cdot X_i + \epsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

とすることができる。 ϵ_i を全体で最小になるような A と D を求めればよいことから、 ϵ_i^2 の合計が最小になる A と D を求める。

【0057】以上は、最小二乗法を記述したもので、最小二乗法によれば、次式によって表される。

$$\delta \sum \epsilon_i / \delta A = 0$$

$$\delta \sum \epsilon_i / \delta D = 0$$

この連立方程式を解くと、

$$\sum Y_i - D \sum X_i - \sum A = 0$$

$$\sum X_i Y_i - D \sum X_i^2 - A \sum X_i = 0$$

これにより、

$$D = (\sum X_i Y_i - n X_a Y_a) / (\sum X_i^2 - n X_a^2)$$

$$A = Y_a - D X_a$$

【0058】なお、 X_i は X 軸データ、 Y_i は Y 軸データ、n はデータ数、 X_a は X_i の平均値、 Y_a は Y_i の平均値である。上述したように、 $A = \ln(\alpha)$ であるので、

$$\alpha = e^A$$

よって、累乗近似式 $y = \alpha \cdot x^D$ を求めることができる。

【0059】次に、上記ステップ S 7 における想定開回路電圧の更新の仕方について、図 8 及び表 1 を参照して説明する。

【表 1】

探索回数	下限		中間		上限	
	想定開回路電圧	D	想定開回路電圧	D	想定開回路電圧	D
1	0.000	-0.019	6.350	-0.037	12.700	-2.639
2	6.350	-0.037	9.525	-0.073	12.700	-2.639
3	9.525	-0.073	11.113	-0.140	12.700	-2.639
4	11.113	-0.140	11.906	-0.163	12.700	-2.639
5	11.906	-0.163	12.303	-0.464	12.700	-2.639
6	12.303	-0.464	12.502	-0.763	12.700	-2.639
7	12.303	-0.464	12.402	-0.575	12.502	-0.763
8	12.303	-0.464	12.353	-0.514	12.402	-0.575
9	12.303	-0.464	12.328	-0.488	12.353	-0.514
10	12.328	-0.488	12.340	-0.500	12.353	-0.514

【0060】充放電終了後の開回路電圧を推定する際に、一般に2分木探索法と呼ばれる方法で想定開回路電圧を更新する。最初に、想定開回路電圧は、図8に示すように、例えば上限想定開回路電圧 $V_{(n)}$ と下限想定開回路電圧0と、その中間想定開回路電圧 $V_{(n)}/2$ の場合について累乗近似を行う。

【0061】それぞれの近似から求められるD($V_{(n)}$)、D(0)、D($V_{(n)}/2$)を相互に比較し、中間想定開回路電圧のDが-0.5に等しいか、等しくない場合には、-0.5に対して大きいか、小さいかの比較を行う。中間想定開回路電圧のDが-0.5でない場合、-0.5となるデータが含まれている範囲、表1の例では、中間想定開回路電圧と上限想定開回路電圧との間の範囲について2分割した想定開回路電圧($V_{(n)} + V_{(n)}/2$)/2のDを算出し、D=-0.5となるまで比較演算を繰り返す。その具体的な例を表1に示している。表1の例では、探索回数1以外でも、下限、中間及び上限のそれぞれのべき数Dを演算して求めているが、2回目以降の探索では、べき数Dの演算は中間だけでよい。

【0062】なお、想定開回路電圧を更新して繰り返し実行しても、べき数が-0.5とならないことがあるときには、下限想定開回路電圧と上限想定開回路電圧の小数点以下3桁目の数値が1程度の差しなくなったところで、べき数が略-0.5になったと判断し、このときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定し、必要以上に累乗近似式を決定する処理を繰り返すことをなくすることができる。

【0063】最初の上限想定開回路電圧を $V_{(n)}$ とするのは、開回路電圧が $V_{(n)}$ よりも高くなることはないからである。下限想定開回路電圧については、放電完了(容量0%)時の開回路電圧でもよいが、過放電が行われている場合には、放電完了(容量0%)時の開回路電圧を下まわる可能性があるため初期値を0Vにしてい

る。

【0064】また、本実施形態の車両用バッテリーの開回路電圧推定装置1では図7のフローチャートにおけるステップS2が請求項中の開放電圧測定手段に対する処理となっており、ステップS5が請求項中の近似式決定手段に対応する処理となっており、ステップS6及びステップS7が請求項中の演算制御手段に対応する処理となっている。

【0065】次に、本実施形態の開回路電圧推定動作(作用)について説明する。

【0066】まず、ハイブリッド車両のモータジェネレータ5以外の電装品(負荷)が作動したり、モータジェネレータ5がモータとして機能するように作動しているときはバッテリー13が放電を行っているが、モータジェネレータ5がジェネレータとして機能するように作動しているときにはバッテリー13に充電が行われている。このバッテリーの充放電は電流センサ15の出力を取り込むことによって検出でき、充放電の終了も電流センサ15の出力が0であることによって検出できる。

【0067】電流センサ15の出力により、充放電の終了が検出されると、それから一定時間 T_a が経過した時点から時間 T_b までの間、電圧センサ17の出力を取り込むことによって、バッテリーの端子電圧を開放電圧として周期的に測定し、これらの電圧値と充放電の終了後からの経過時間をRAM23bのデータエリアに格納、記憶して収集する。収集された端子電圧 $V(t)$ から想定開回路電圧 E を減算し、減算して求めた値から最小二乗法を適用して累乗近似式を決定する。決定した累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ のべき数Dが-0.5となっているかどうかを判断し、べき数Dが-0.5になっていないときには、想定開回路電圧 E を新しいものに更新して再度同様の処理を行って累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ を決定する。以上の動作をべき数Dが-0.5になるか、又は、略-0.5になるまで繰り返し行い、何れかが成立したとき、その

ときの想定開回路電圧を開回路電圧と推定するようにする。なお、略-0.5になったことの確認は、累乗近似式の決定回数が所定回数となるか、又は、想定開回路電圧範囲が予め定めた範囲以下になったことで行うことができる。

【0068】上述したように推定した開回路電圧は、累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ の漸近線となっているので、温度によって累乗近似式 $\alpha \cdot t^D$ が変わっても、また時間 T_a 及び T_b が異なっても、移動するものでないので、温度補正を全く必要としない他、バッテリーの特性が多少異なってもそのまま適用することができる。しかも、充放電の終了から時間 $T_a \sim T_b$ の間、充放電電流が流れなければ、その都度、開回路電圧を推定することが可能になり、開回路電圧を推定できる頻度を多くすることができる。

【0069】上述の説明では、温度によって累乗近似式の漸近線は変わらないとしている。これは、厳密には開回路電圧は温度によって微少であるが変化するものの、無視できる程度のものであるからである。

【0070】そして、本発明は、モータジェネレータが回生電力をバッテリーに充電するようになっているハイブリットカーなどの車両において、バッテリーの充電状態を適切に知り、効率的にバッテリーを利用して燃費向上を図るために有効に適用できる。

【0071】なお、本願明細書中においては、分極などの影響を受けた端子電圧を開放電圧とし、平衡状態のときの端子電圧を開回路電圧としている。

【0072】また、本実施形態では、ハイブリッド車両においてバッテリーの開回路電圧を推定する場合について説明したが、本発明は、一般的な14V車両や14Vと42V等の多電源車、電気自動車、通常のガソリン自動車等、種々の車両に搭載されたバッテリーの開回路電圧の推定に適用可能であることは、言うまでもない。

【0073】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1又は5記載の発明によれば、バッテリーの充電又は放電が終了した後、比較的短い時間内に測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を開回路電圧として推定できるので、車両のバッテリーの開回路電圧を、充放電の終了から比較的短時間の内に、しかも温度補正することを必要とすることなく比較的正確に推定できる車両用バッテリーの開回路電圧推定方法及び装置を提供することができる。

【0074】請求項2又は6記載の発明によれば、バッテリーの充電が終了した後、比較的短い時間内に測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を求めて、これを開回路電圧として推定できるので、車両のバッテリーの開回路電圧を、充電の終了から比較的短時間の内に、しかも温

度補正することを必要とすることなく推定できる車両用バッテリーの開回路電圧推定方法及び装置を提供することができる。

【0075】請求項3又は7記載の発明によれば、バッテリーの放電が終了した後、比較的短い時間内に測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を求めて、これを開回路電圧として推定できるので、車両のバッテリーの開回路電圧を、放電の終了から比較的短時間の内に、しかも温度補正することを必要とすることなく推定できる車両用バッテリーの開回路電圧推定方法及び装置を提供することができる。

【0076】請求項4又は8記載の発明によれば、バッテリーの充放電が終了した後、比較的短い時間内に多数測定したバッテリーの開放電圧の測定によって、温度の影響を受けて変化しない累乗近似式の漸近線を精度よく求めて、これを開回路電圧として推定できるので、車両のバッテリーの開回路電圧を、充放電の終了から比較的短時間の内に、しかも温度補正することを必要とすることなく比較的正確に推定できる車両用バッテリーの開回路電圧推定方法及び装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の車両用バッテリーの劣化度判定装置の基本構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の車両用バッテリーの劣化度判定方法を適用した本発明の一実施形態に係る車両用バッテリーの劣化度判定装置の概略構成を一部ブロックにて示す説明図である。

【図3】充電の終了後のバッテリーの開放電圧の変化を示すグラフである。

【図4】本発明の開回路電圧推定方法を説明するために使用するグラフである。

【図5】本発明の開回路電圧推定方法を説明するために使用する他のグラフである。

【図6】本発明の方法の成立性を具体的に例示するためのグラフである。

【図7】図2中のマイコンがバッテリーの開回路電圧推定のため予め定めたプログラムに従って行う処理を示すフローチャートである。

【図8】想定開回路電圧の更新の仕方を説明するために使用するグラフである。

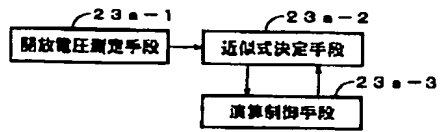
【図9】放電の終了後のバッテリーの開放電圧の変化を示すグラフである。

【図10】温度によって異なる、充電の終了後のバッテリーの開放電圧の変化を示すグラフである。

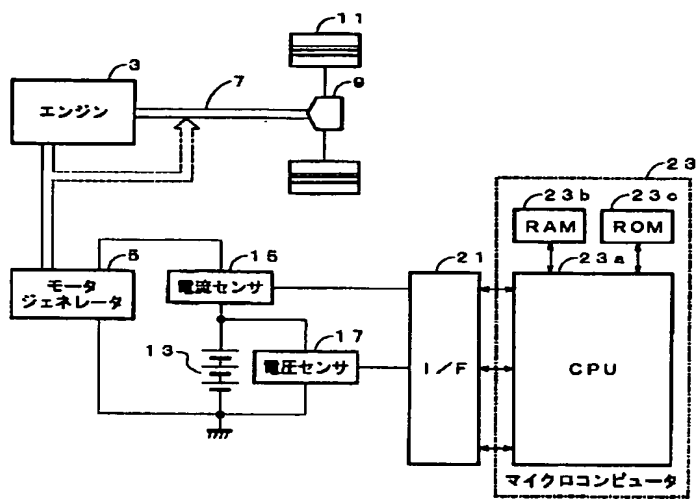
【符号の説明】

23a-1	開放電圧測定手段 (CPU)
23a-2	近似式決定手段 (CPU)
23a-3	演算制御手段 (CPU)

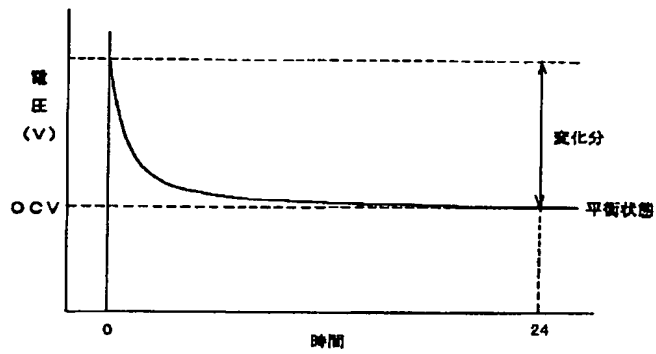
【図1】



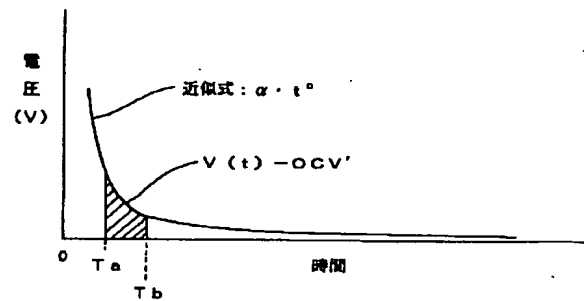
【図2】



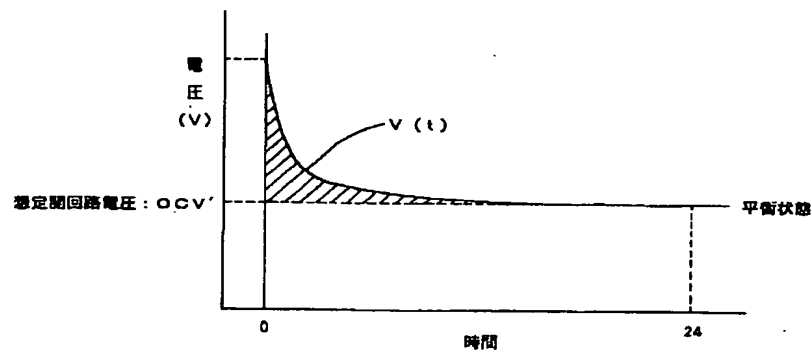
【図3】



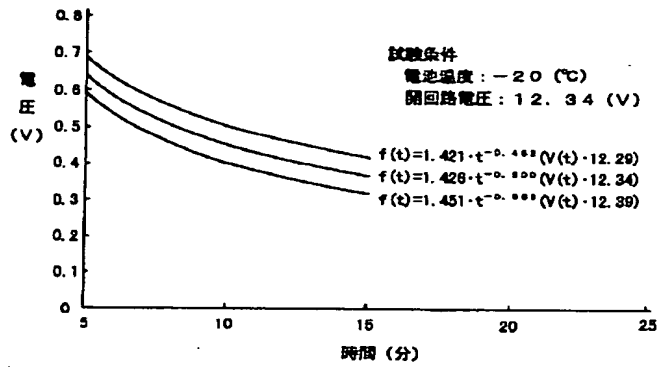
【図5】



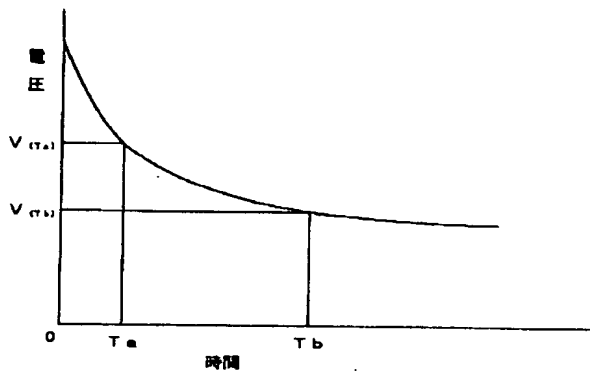
【図4】



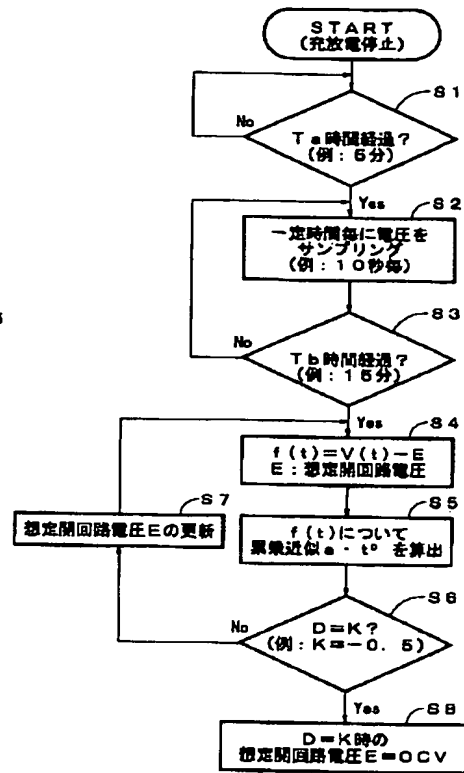
【図6】



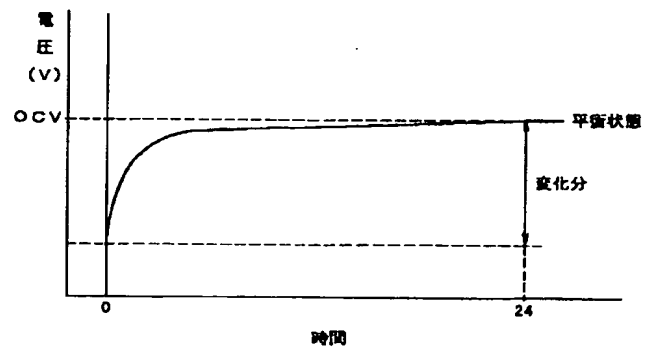
【図8】



【図7】



【図9】



【図 10】

